

Elaboración del Master Deck del modelo de TRACE de la CN de Cofrentes

D. Blanco(1), A. Escrivá(1), A. Soler(3), I. Collazo, M.J. Rebollo, J.L. Muñoz-Cobo(1) & A. Concejal(2))

(1) Instituto de Ingeniería Energética. Universitat Politècnica de València. Camino de Vera, s/n 46022 Valencia. Tel.: 963877631, E-mail: aescriva@iqn.upv.es

(2) Iberdrola Generación Nuclear c/ Tomás Redondo 1 28033 Madrid

(3) NFQ Solutions c/ Claudio Coello 78, 28001 Madrid

Resumen – Con el fin de que reproducir el comportamiento termohidráulico de una instalación o central nuclear, las herramientas de simulación SNAP-TRACE están siendo desarrolladas y actualizadas por la NRC y el grupo de usuarios de las mismas. Dentro de las líneas de investigación del Grupo de Termohidráulica e Ingeniería Nuclear de la Universidad Politécnica de Valencia, así como IBERDROLA, se encuentra el estudio, análisis y utilización de estas herramientas.

En esta ponencia se presentan los últimos trabajos realizados conjuntamente entre Iberdrola y el grupo de Termohidráulica e Ingeniería Nuclear de la Universidad Politécnica de Valencia para la actualización y mejora del modelo de planta de la CN de Cofrentes.

Se está realizando una revisión completa de todo el modelo de la planta nuclear de Cofrentes desarrollado en el código TRACE mediante la interfaz SNAP, creando un único MASTERDECK en el que se pueda consultar cualquier valor que aparezca en dicho modelo, y saber la bibliografía que se ha utilizado para obtener esos datos. La validación de los componentes del modelo de la central se llevan a cabo uno a uno para realizar una correcta verificación del comportamiento de cada elemento, utilizando las referencias debidamente documentadas.

1. INTRODUCCIÓN

La obtención de un simulador de transitorios termohidráulicos de la CN Cofrentes, utilizando la herramienta SNAP-TRACE [1-2], es un trabajo de I+D+i que se está realizando conjuntamente entre IBERDROLA y el Grupo de Termohidráulica e Ingeniería Nuclear de la Universidad Politécnica de Valencia.

El modelo que se tomó inicialmente como base en este trabajo estaba desarrollado para su utilización con el código TRAC-BF1 [3]. Este modelo se tradujo en varias etapas al nuevo código TRACE y se actualizó incorporando nuevos componentes y cinética puntual [4-13].

En esta ponencia se muestra el trabajo de documentación y actualización realizado en la última etapa de verificación del comportamiento en la adaptación a la versión PATCH5 del código TRACE. El producto de este trabajo, tras la realización de la revisión completa de todo el modelo, consiste en un único MASTERDECK en el cual se pueda consultar cualquier valor que caracterice dicho modelo y poder tener identificada la bibliografía de la que provenga cualquier dato del modelo en cuestión.

2. EVOLUCIÓN DEL CÓDIGO TRACE

Los primeros modelos completos de TRACE V5 utilizaban la versión o Patch 1 (V5.141) que data de 2008. Desde entonces el código ha sido ampliamente actualizado y mejorado. La versión más actual es la patch 5.

Durante estos once años se han corregido muchos errores y prácticamente se ha mejorado y actualizado todos los modelos del código, como por ejemplo:

- Los coeficientes de pérdidas de forma
- Componente BREAK (p.e. entalpía)
- El modelo del boro (p.e. el cálculo de la concentración media)
- Bugs (p.e. divisiones por cero)
- Inclusión de nuevos componentes (CANCHAN, para reactores CANDU)
- Límite de Flujo a Contra-Corriente
- Flujo Calorífico Crítico
- Flujo de Caudal Crítico
- Condensación (p.e. en película)
- Contención
- Modelo de gotas
- Cálculo de la elevación/nivel de agua
- Ecuación de la energía
- Componente FILL (p.e. gotas)
- Cálculo de la Malla Fina
- Incorporación y actualización de las propiedades de los fluidos
- Gases incondensables
- Estructuras de calor (p.e. conductividad y flujos de calor)
- Área interfacial
- Transferencia de calor interfacial
- Ecuación del momento (p.e. arrastre interfacial)
- Actualización y mejora de los métodos numéricos
- Modelos de pérdida de refrigerante (Off-Take)
- Actualización del modelo de neutrónica tridimensional (PARCS)
- Componente PIPE (p.e. conexión con el presionador)
- Cálculo de la potencias (p.e. reactividad)
- Componente PUMP
- Modelo de re-inundación
- Mejora del combustible/varilla (p.e. FRAPCON, reacción metal-agua)
- Componente SEPD (separado/secador)
- Generador de Vapor

- Uniones laterales (SJC)
- Espaciadores
- TRIPs
- Válvulas (p.e. válvulas motorizadas)
- Vasija (p.e. límite de Courant)

Como se observa de la lista anterior, el código TRACE está en continua mejora y actualización. Durante los primeros años, la corrección de errores y modelos era muy importante., sin embargo, en las últimas actualizaciones del código se observa que los esfuerzos están más centrados en la incorporación de nuevos modelos que permitan simular con mayor exactitud los fenómenos que se producen en el interior de los reactores nucleares.

3. MODELO DE LA PLANTA

Con el objetivo de crear un único MASTERDECK, en el que se pueda consultar cualquier valor que aparezca en dicho modelo y saber la bibliografía que se ha utilizado para obtener esos datos, se ha considerado conveniente realizar una revisión completa del todo el modelo de la CN de Cofrentes.

Para la elaboración de este modelo se han utilizado los modelos disponibles de TRACE de la CN de Cofrentes, presentados en las anteriores Reuniones Anuales de la SNE, así como toda la documentación y planos disponibles.

Uno de los modelos de la CN de Cofrentes para TRACE más actuales se muestra en la figura 1. Este modelo de planta incluye: 4 grupos de válvulas de alivio y seguridad (los 3 primeros con lógica LOW-LOW y un 4º con función ADS); componentes SEPD para simular los separadores secadores; 2 componentes JETP para simular las 20 bombas de chorro; y las 4 líneas de vapor se han colapsado en una única línea. Además de los principales sistemas de control de la planta (control de la presión, del agua de alimentación, de los 4 grupos de válvulas SRVs, de las bombas de recirculación, de los sistemas de refrigeración de emergencia, etc.).

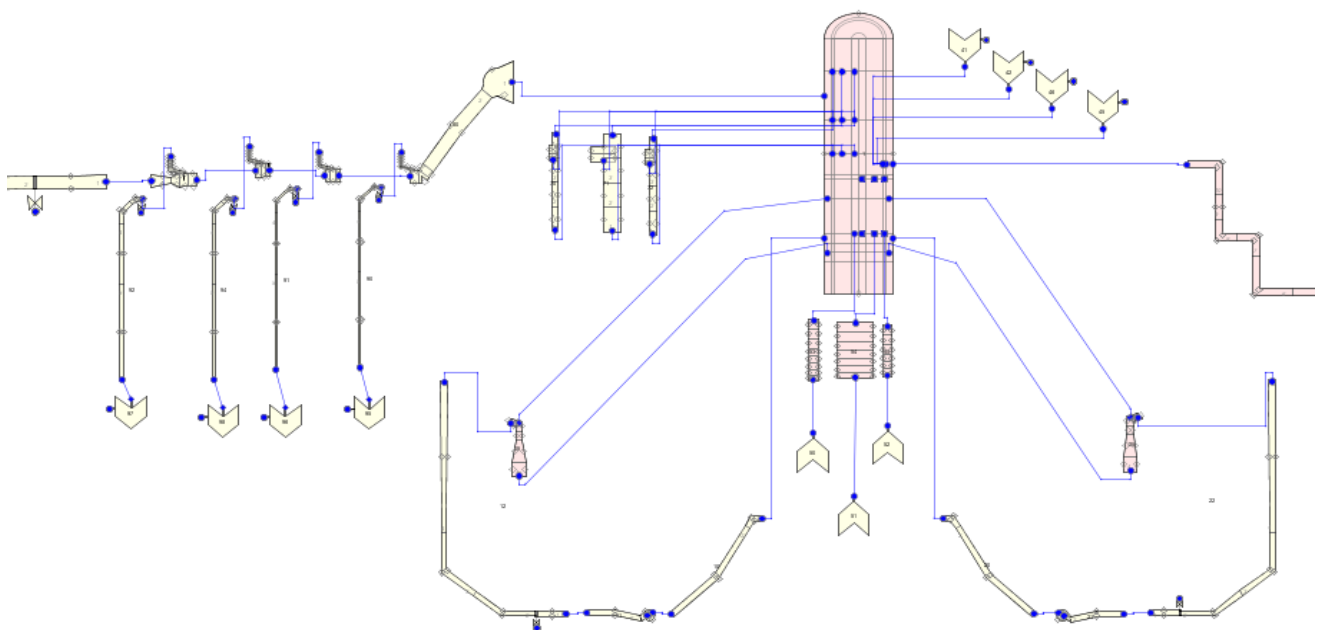


Figura 1. Modelo de planta.

El procedimiento seguido para elaborar el MASTERDECK se puede dividir en los siguientes pasos:

1. Seleccionar una parte o componente de la planta (p.e. bomba de chorro, lazo de recirculación, etc.)
2. Recopilar toda la información geométrica disponible.
3. Comprobar que el componente utilizado en el modelo reproduce fielmente esta geometría o indicar las hipótesis simplificadoras o de colapsamiento realizadas.
4. Validación del componente, comprobando que cumple las especificaciones, datos de fabricante o datos de planta (caídas de presión, caudales, etc.)

Este procedimiento se está siguiendo con todas las partes de la planta que se incluyen en el modelo.

A continuación se exponen algunos ejemplos de parte de este procedimiento.

3.1. Sistema de recirculación

Para proporcionar una circulación forzada del refrigerante a través del núcleo se diseña el sistema de Recirculación del Reactor.

Este sistema proporciona un modo mecánico de bombeo que acelera la circulación del refrigerante a través del núcleo del reactor para aumentar la densidad de potencia, así como proporcionar capacidad de seguimiento de carga.

El sistema de recirculación de la CN Cofrentes está formado por dos lazos, cada uno de ellos formado por una bomba de recirculación, válvulas y sus correspondientes tuberías de entrada a la bomba y salida. Cada tubería de salida, a través de un colector, inyecta el flujo a 10 bombas de chorro situadas en el interior del reactor.

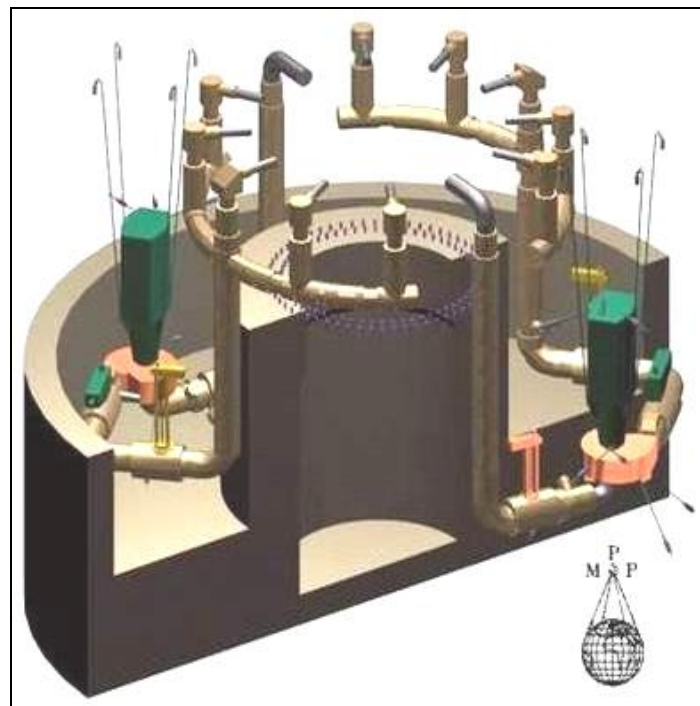


Figura 2. Esquema del sistema de recirculación de un reactor BWR.

Como se puede apreciar en el modelo de TRACE representado en la figura 1, se han incluido los dos lazos de recirculación. En la figura 3 se muestra la geometría utilizada en el modelo de TRACE. En todos los modelos se ha comprobado que se respeta la geometría real de la planta, para ello se utiliza información normalmente propietaria de la CN de Cofrentes.

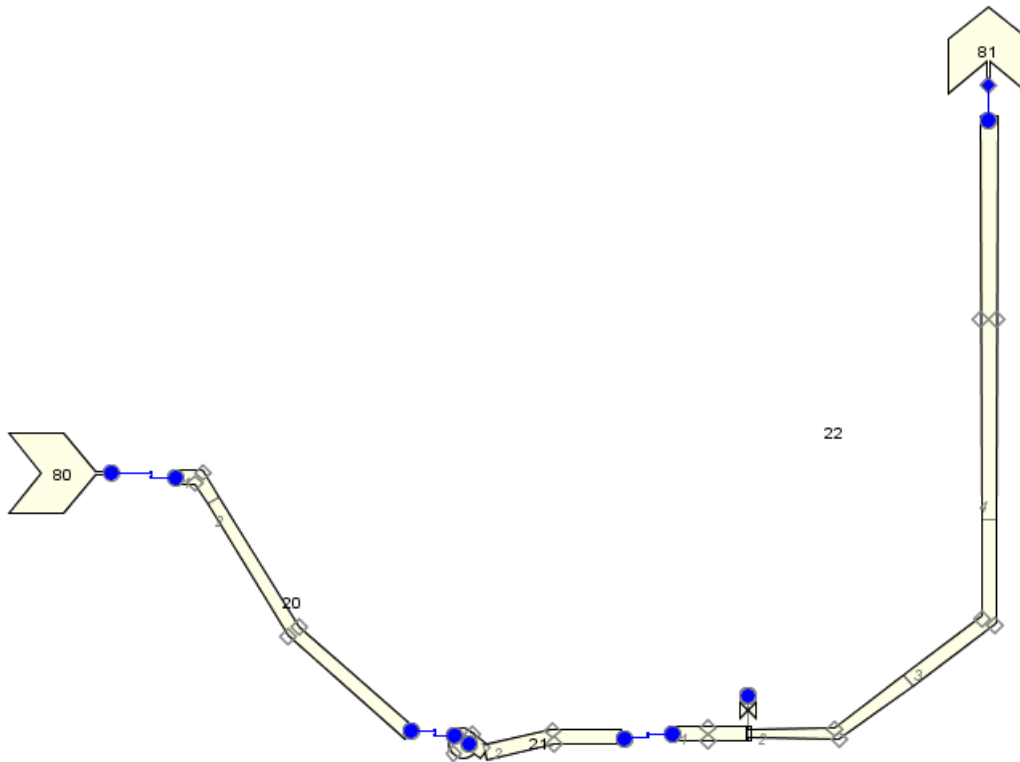


Figura 3. Lazo de recirculación en SNAP.

3.2. Válvulas de control de turbina

En el modelo para el código TRACE, las 4 líneas de vapor principal a turbina se han colapsado a una única línea, con los mismos componentes que se utilizan en el modelo de referencia del código TRAC-BF1. La válvula de control de turbina se encuentra en esta línea y se va a validar de manera aislada a la línea.

El modelo desarrollado en SNAP (Ver Figura 2.22) consta de un componente BREAK (BREAK 189) que fija las condiciones de presión a la entrada, el componente VALVE 87 y el componente BREAK 89 que fija las condiciones de presión a la salida.

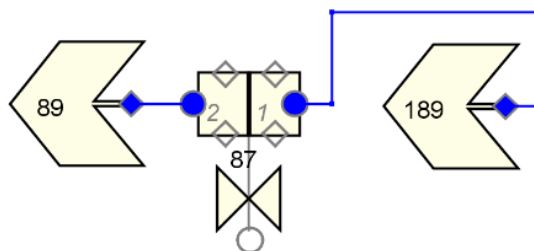


Figura 4. Modelo en SNAP de la TCV.

Para realizar el ajuste del modelo se va seguir el siguiente procedimiento, mediante el cual se verificará el correcto comportamiento del componente en los modos de operación para los que se dispone información:

- Utilizando el modelo de la válvula aislada (break - valve - break) y sin el control incluido, se replica el modo de operación de máxima carga. Este caso corresponde con el modelo de referencia de TRAC-BF1, por lo que se ha considerado que el área de apertura es la que obtiene el sistema de control. Con este modelo ajustamos el valor del coeficiente K para que el caudal por la válvula se corresponda con los datos de planta.
- Se ejecutan el resto de modos de operación, manteniendo el coeficiente K obtenido en el paso anterior y modificando la posición de apertura de la válvula de manera que se ajuste el caudal de paso por este elemento.
- Se recogen los resultados y se establece la relación entre el grado de carga del reactor y la posición de la válvula 87.

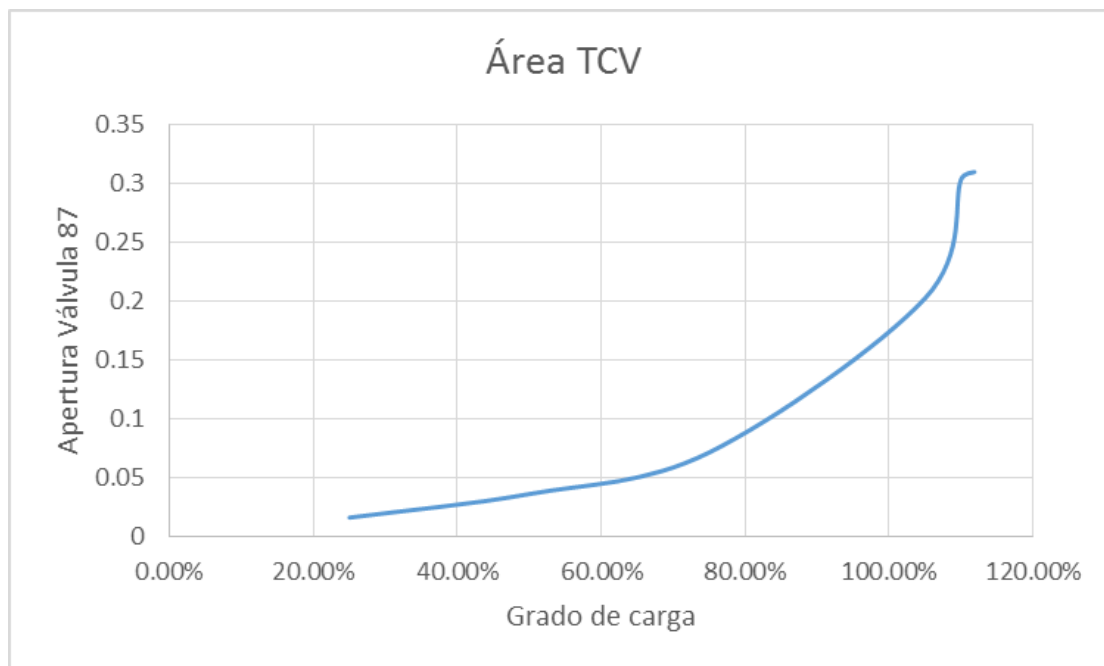


Figura 5. Comportamiento de la TCV según el grado de carga.

Con estos ejemplos se pretende ilustrar y condensar un trabajo que se extiende al resto de elementos, cada uno con un procedimiento particular para verificar el correcto funcionamiento o las discrepancias que la nueva versión del código TRACE respecto a las anteriores. La extensión del MASTERDECK abarca todos los componentes termohidráulicos de la planta, agrupados en diferentes secciones, habiendo creado modelos independientes en cada caso para evitar interactuaciones que puedan distorsionar los resultados. El modelo completo estará formado por cada una de estas secciones, el cual también necesita de un proceso de revisión global.

4. CONCLUSIONES

En esta ponencia se ha presentado el trabajo de I+D+i realizando conjuntamente entre el grupo Iberdrola y el grupo TIN para documentar y revisar el modelo de SNAP/TRACE de la CN de Cofrentes, el cual será utilizado como simulador de transitorios termohidráulicos.

El modelo que se tomó inicialmente como base en este trabajo estaba desarrollado para su utilización con el código TRAC-BF1 [3]. Este modelo se tradujo en varias etapas al nuevo código TRACE y posteriormente se han seguido los pasos necesarios para ir actualizándolo, revisando las capacidades que ofrece, hasta llegar al modelo de patch 5.

Desde que se empezó a trabajar con el modelo de TRACE (PATCH1-V5.141), el código ha sido objeto de muchas mejoras y actualizaciones, así como de corrección de errores internos.

Se ha creado un único MASTERDECK en el cual se pueda consultar cualquier valor que caracterice dicho modelo y poder tener identificada la bibliografía de la que provenga cualquier dato del modelo en cuestión, actualizando el modelo de CN Cofrentes a una nueva versión tras haber revisado completamente todo el modelo. De esta forma se tiene trazabilidad en todos los datos utilizados para validar el modelo, tanto geométricos como de funcionamiento.

REFERENCIAS

- [1] “SNAP. Symbolic Nuclear Analysis Package”. Version 2.6.1. (2018).
- [2] “TRACE V5.0. User’s Manual. Volume 1: Input Specification” (2017).
- [3] “TRAC-BF1/MOD1: An advanced best estimate computer program for Boiling Water Reactor accident analysis. Volume 1: Model Description”. NUREG/GR-4356. EGG- 2626 (1992).
- [4] H. Algarra. “Traducción del modelo de planta de un BWR del código TRAC-BF1 a TRACE”. Trabajo Fin de Máster (Junio 2010).
- [5] A. Escrivá. “Traducción del Modelo de Planta de Cofrentes del código TRAC-BF1 a TRACE”. GTIN-12/6. 2012.
- [6] A. Escrivá. “Modelo Estacionario de la CN. de Cofrentes para el código TRACE”. GTIN-12/7. 2012.
- [7] A. Escrivá. “Modelos Transitorios Animados Interactivos de la CN de Cofrentes para el código TRACE”. GTIN-13/01. 2013.
- [8] A. Escrivá. “Proyecto SNAP-TRACE 2013-2014. Actividad A-1: Incorporación de distintas mejoras del modelo de Cofrentes para TRACE y SNAP”. GTIN-13/02. 2013.
- [9] A. Escrivá. “Proyecto SNAP-TRACE 2013-2014. Actividad A-2: Realización de 3 transitorios de prueba”. GTIN-13/06. 2013.
- [10] M.D. Domingo. “Proyecto SNAP-TRACE. Actualización y certificación de las válvulas de alivio y seguridad del modelo de TRACE”. GTIN-14/03. 2014.
- [11] A.Escriva. “Avances del modelo en SNAP-TRACE de CN Cofrentes 2º Semestre 2016”. GTIN16/06
- [12] A.Escriva, D. Blanco. “Avances del modelo en SNAP-TRACE de CN Cofrentes 1er Semestre 2017”. GTIN17/02



- [13] A. Escrivá, J.L. Muñoz-Cobo, A. Concejal, A. Soler, J. Melara. “Actualizaciones y Mejoras del Modelo de Cofrentes Interactivo desarrollado en SNAP-TRACE”. 43 Reunión Anual de la SNE. Málaga. 2017
- [14] Galbally, D.; García, G.; Hernando, J.; Sánchez, J.; Barra, M. “Analysis of pressure oscillations and safety relief valve vibrations in the main steam system of a Boiling Water Reactor”. Nuclear Engineering and Design, Vol. 293, pp. 258-271 (2015)
- [15] Soler Ferrer, J.R. “Diseño de un banco para las pruebas de tarado de las válvulas de alivio y seguridad (SRV) de la Central Nuclear de Cofrentes”. Nuclear España, nº 392, pag 48-51 (2018).
- [16] D. Blanco, A. Escrivá, I. Collazo, “Datos Planta: Central Nuclear de Cofrentes” GTIN-18/06.